

인지 무선 기술의 차세대 단말 적용

김진영 | 백명기 | 양재수

광운대학교

요약

인지 무선 (CR: Cognitive Radio) 시스템은 SDR (Software Defined Radio) 기술을 기반으로 주변 환경을 인지하여 가용한 주파수를 선정하고 통신하는 기본적인 기능과 여러 가지 환경 파라미터를 지속적으로 업데이트하는 학습 알고리즘이 합쳐진 기술이다. CR 기술은 최근 무선 통신 서비스의 발전으로 주파수의 수요가 증가하면서 사용하지 않는 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위한 기술로써 각광받고 있다. CR 시스템을 단말에 적용 및 구현하기 위해 선행되어야 하는 연구 분야는 크게 하드웨어 분야와 소프트웨어 분야로 나누어 생각할 수 있다. 하드웨어 분야에 관련된 연구는 다시 RF 처리부와 디지털 신호 프로세서부로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 CR 시스템을 단말에 적용하기 위해 필요한 선행 기술들을 살펴보고, 실제 단말에 적용했을 때의 단말 형태에 대해 알아본다.

1. 서론

무선 통신 및 방송 기술의 발달과 함께 최근의 정보통신 서비스는 서비스의 고속화 및 멀티미디어 서비스에 기인한 주파수 대역의 광대역화에 발맞추어 유무선 통신 및 방송의 융합기술이 두드러지게 나타나고 있다. 특히 이동통신, WLAN (Wireless Local Area Network), WiBro (Wireless Broadband)를 비롯하여 RFID (Radio Frequency

Identification)/USN (Ubiquitous Sensor Network) 등 무선을 이용하는 서비스의 급증에 따라 한정된 주파수 자원에 대한 수요가 계속 증가하고 있다. 따라서 사용하지 않는 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위한 기술로써 CR 기술이 각광받고 있다.

CR 기술은 SDR 기술을 기반으로 주변 환경을 인지하여 가용한 주파수를 선정하고 통신하는 기본적인 기능과 여러 가지 환경 파라미터를 지속적으로 업데이트하는 학습 알고리즘이 합쳐진 기술이다 [1, 2]. CR 기술은 스펙트럼을 효율적으로 사용하기 위해 전송 속도, 변조 방식, 전송 전력 제어 등 여러 가지 매개 변수를 수시로 재설정 및 제어하고, 통신 채널이 외부의 환경적인 영향 등으로 간섭을 받을 때 가장 적합한 채널을 찾아 이동할 수 있어야 한다. 하지만 CR 시스템을 사용하기 위해서는 기존 사용자에게 대한 간섭이 없는 조건하에서 이용 가능한 채널을 효율적으로 사용하여야 한다 [2].

우리나라는 거의 모든 주파수 대역이 고정 할당되어 있고 특히 무선통신 환경이 가장 좋은 낮은 주파수 대역은 거의 사용할 여지가 없다. 이러한 현상은 향후 유비쿼터스 사회로의 진입에 따른 수요증가로 인해 더욱 심화될 전망이다. 이러한 환경을 극복하고자 국내외적으로 급증하는 주파수의 효율적 이용을 위한 시장 수요에 유연한 전파 이용정책을 요구하고 있으며 그에 따라 소출력 기기 운용의 확대, 비허가 대역 추가 할당 등을 고려하고 있다. 하지만, 이러한 소출력 기기의 운용, 비허가 대역의 추가 할당 등은 전력 등의 제한으로 말미암아 근본적인 대안이 될 수 없다.

따라서 중요한 주파수 자원을 효율적으로 이용하기 위해,

미국연방통신위원회 (FCC: Federal Communications Commission)에서는 주파수의 실제 사용률에 대한 연구를 진행하여, 시간적으로나 지역적으로 변화하는 평균 주파수 사용률을 조사해본 결과 약 15%-85% 정도의 큰 사용률 변화를 관찰하였다. FCC는 이러한 결과를 바탕으로 2003년 12월에 주파수 사용 효율을 올리고자 NPRM (Notice of Proposed Rule Making)을 통하여 비어 있는 주파수에 대한 중복 사용 가능성에 대한 내용을 발표하였다.

이러한 움직임에 따라 지역, 시간적인 통신환경 영역에서 현재의 스펙트럼 이용 현황을 감지한 후 지능적으로 판단하여 적절한 주파수, 변조방식, 출력 등을 선택하는 지능형 무선 인지 기술이 효과적인 대안으로 연구되어지고 있고, DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency)에서는 CR의 구현을 목적으로 하는 Next Generation (XG) communication networks를 개발하고 있다 [3, 4].

CR의 적용 및 구현을 위해 선행되어야 하는 연구 분야는 크게 하드웨어 분야와 소프트웨어 분야로 나누어 생각할 수 있고, 하드웨어 분야에 관련된 연구는 다시 RF (Radio Frequency) 처리부와 디지털 신호 프로세서부로 나눌 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 CR 시스템의 적용을 위한 선행 기술들에 대해 설명하고, III장에서는 CR 시스템의 적용 및 구현에 관해 설명하겠다. 그리고 IV장에서 CR을 적용한 이동통신 단말의 기술 요소를 설명하고, V장에서는 본 논문에 대한 결론을 제시한다.

II. CR 시스템의 적용을 위한 선행 기술

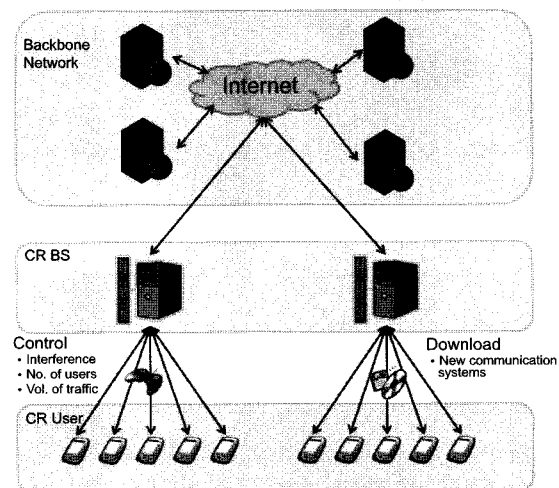
CR 시스템을 적용하기 위해서는 다중모드/다중대역에 대한 무선 통신 서비스가 가능하여야 하고, 이를 위해서는 서비스에 맞는 소프트웨어의 변경 및 주파수 대역에 맞는 RF Front-end와 디지털 신호 프로세서의 재구성성이 필요하다 [5-7]. 그리고 CR의 적용 및 구현을 위해 선행되어야 하는 연구는 크게 하드웨어 분야와 소프트웨어 분야로 나누어 생각할 수 있고, 하드웨어 분야에 관련된 연구는 다시 RF 처리부와 디지털 신호 프로세서부로 나눌 수 있다 [8].

하드웨어 관점으로 RF부에서 무선 장비는 VHF/UHF 대역

에서 밀리미터파 대역까지 무선 통신 시스템의 존재 유무를 인지할 수 있어야 하고, 인지한 통신 시스템에서 최적의 무선 통신 시스템을 사용할 수 있어야 한다. 이러한 하드웨어적인 관점에서 봤을 때, 송신단에서 필요한 선행 기술은 다중 대역 안테나 기술, 광대역 변조 기술, 광대역 적응 이득 통제 증폭기 기술, 증폭기를 포함하는 가변 필터 혹은 대역 선택 필터 기술 등이 필요하다. 또한 수신단에서의 선행 기술은 다중 대역 안테나 기술, 증폭기를 포함하는 가변 필터 혹은 대역 선택 RF 필터 기술, 광대역 적응 이득 통제 증폭기 기술, 광대역에서 RF 신호의 기저 대역 신호로의 변환 기술, 기저 대역에서 증폭기를 포함하는 가변 필터 혹은 대역 선택 필터 기술, 광대역 신시사이저 (Synthesizer) 기술 등의 선행 연구가 필요하다.

디지털 신호 프로세서부와 관련하여 필요한 선행 기술은 광대역, 고해상도, 저전력의 AD/DA 변환기에 대한 연구가 더 진행되어야 하고, 저전력으로 디지털 신호 프로세서의 재구성성이 가능하여야 한다.

소프트웨어는 여러 주파수 대역에서 무선 통신 시스템의 존재 유무를 인식할 수 있어야 하고, 간섭의 유무도 판별할 수 있어야 하는 통신 시스템 인지 소프트웨어 기술이 필요하다. 또한, 주변 무선 통신 환경을 인지한 후에 CR 사용자에게 QoS를 보장하는 데이터 전송을 위한 변조 방식, 전송 속도, 전송 전력을 결정하는 적응적 전송 기술도 필요하다. 무선 통신 환경의 동화량과 간섭에 따라 소프트웨어는 주파



(그림 1) CR 네트워크 적용

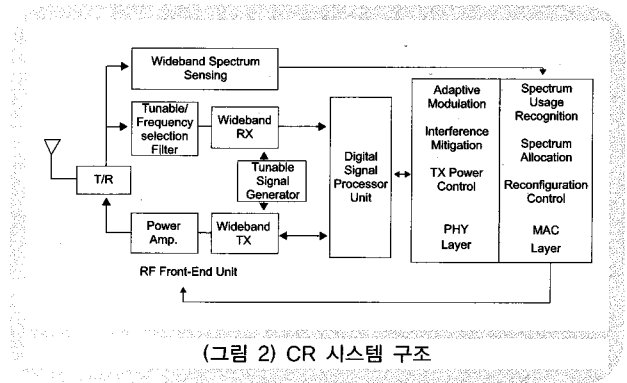
수 대역 혹은 시간 채널을 선택하여 접속하는 동적 스펙트럼 접속 기술이 필요하고, 기존 사용자에게 간섭을 주지 않도록 간섭 회피 및 Hidden node 문제를 해결할 수 있는 소프트웨어 기술이 필요하다 [9].

III. CR 시스템 단말의 적용

CR 기술은 여러 통신 시스템이 밀집된 지역에서도 스펙트럼 센싱 및 기존 사용자 신호의 검출을 통해 기존 사용자에게 간섭을 주지 않으면서 빈 주파수 대역 및 채널의 사용을 가능하게 한다. CR 사용자의 단말은 통신 시스템 인지 소프트웨어, 시스템 선택 소프트웨어, 통신 시스템 바인딩 소프트웨어를 통해서 사용자에게 끊임없는 통신을 가능하게 하고, 채널 환경 및 주파수 사용 현황, 통신의 긴급성에 따라 통신 시스템을 선택할 수 있다. 그리고 CR 기지국에서는 (그림 1)과 같은 CR 기술의 적용으로 간섭, 사용자의 수, 채널의 사용량에 따라 CR 단말의 기능을 바꿀 수 있다. 그리고 주변 통신 환경에 의해 CR 단말에 새로운 통신 시스템이 필요하게 될 경우에, SDR 기술을 사용하여 CR 기지국으로부터 새로운 통신 시스템에 대한 다운로드가 가능하고, 통신 시스템 소프트웨어를 통해서 CR 단말의 통신 용량 및 간섭을 통제할 수 있다.

CR 시스템의 적용을 위한 기술적 배경은 DSP (Digital Signal Processor)의 고속화, A/D, D/A 변환기의 고성능화, FPGA (Field Programmable Gate Array)의 대규모화 및 저가격화, 데이터 전송 인터페이스의 고속화, RCP (Reconfigurable Processor)/ DRP (Dynamically Re-configurable Processor)의 실용화, 디지털 변조 기술, 스마트 안테나의 출현 등을 들 수 있다. 이러한 기술이 발전함에 따라 프로그래밍이 가능한 하드웨어의 탑재가 가능하고, 소프트웨어에 의한 업그레이드가 가능하게 된다. CR 시스템을 위한 하드웨어는 프로그래밍이 가능한 부품과 주변 환경의 스펙트럼을 검출할 수 있는 부품 및 적절한 주파수로 신호를 송수신하는 부품 등으로 구성되어 있다. 그리고 이 부품들로 구성된 모듈이 여러 가지 주파수 대역 및 프로토콜에 의한 신호의 송수신을 가능하게 한다. CR 시스템의 구조는 (그림 2)와 같

이 광대역 안테나, RFU (RF Front-end Unit), 광대역 센싱부 및 여기에 대응하는 디지털 기저 대역 모듈 등이 포함된다.



(그림 2) CR 시스템 구조

IV. CR을 적용한 이동통신 단말의 기술요소

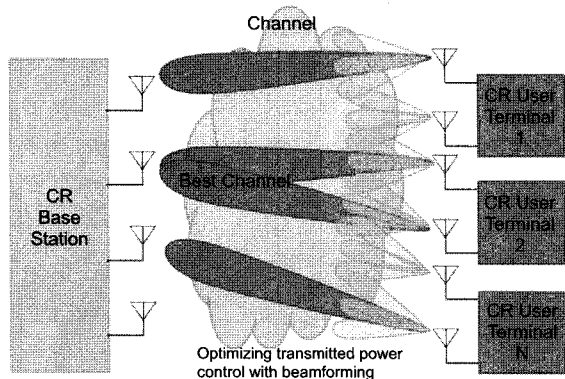
CR 시스템을 단말기에 적용하기 위해서는 II장에서 언급한 선행 기술들의 요건이 충족되어야 한다. 선행 기술이 충족되었다는 가정 하에, CR 기술을 적용한 차세대 이동통신 단말의 기술요소 및 형태는 다음과 같다.

우선, CR을 적용한 차세대 이동통신 단말은 다중모드/다중대역이 가능하게 될 것이다. WLAN, WiBro, RFID, USN, DMB 등의 서비스가 가능하게 되고, UHF/VHF 및 수 GHz 대역까지도 서비스가 하나의 단말에서 가능하게 될 것이다. 이를 위해서는 유연한 개방형 인터페이스가 보장되는 개방형 단일 플랫폼이 요구되는데, 이 기술은 SDR 기술을 통해 해결할 수 있다. SDR 기술은 소프트웨어나 파라미터 데이터를 다운로드 받음으로써 하드웨어 부품의 재구성이 가능하고, 상이한 기저대역 신호처리 방식을 통합 처리할 수 있다 [10, 11]. 그리고 디지털 RF 및 채널화기/역채널화기를 통해 다중 이동통신 모드를 지원할 수 있고, 사용자들에게 무선 채널에 자유로운 접속을 가능하게 한다.

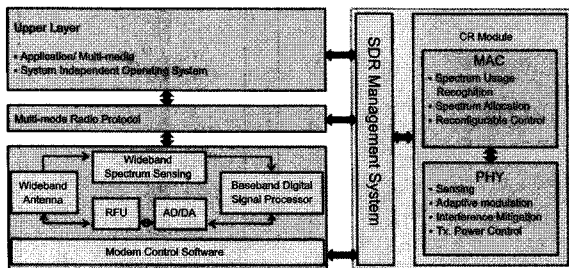
향후 CR을 적용한 이동통신 단말은 고성능화를 위해 스마트 안테나 기술과 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 멀티플렉싱 기술의 적용이 가능하다. CR 단말에 대한 스마트 안테나 기술과 MIMO 기술의 적용은 (그림 3)과 같다. 스마

트 안테나 기술은 원하는 사용자 및 기지국으로 전파를 집중시키고 타 사용자 및 기지국에 간섭을 저하시킬 수 있는 송수신 기술이다 [12]. 무선신호의 집중된 전송을 통해 무선 시스템의 신호품질을 높이면서 주파수 재 사용률을 증가시켜 시스템 용량을 높일 수 있는 장점이 있다. MIMO 기술은 이동통신 환경에서 다수의 안테나를 사용하여 데이터를 송/수신하는 다중 안테나 신호처리 기술로써 송신단에 N개의 안테나를 배열하고, 수신단에도 N개의 안테나를 배열하여 다양한 기법을 사용하여 신호 전송 시, N배의 전송률을 낼 수 있는 기술이다 [13]. MIMO 기술이 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술과 함께 사용 될 경우 고속의 전송률과 전송 데이터를 대용량화 할 수 있는 장점이 있다.

단말의 소형화 및 경량화를 위해서는 SoC (System on a Chip)와 MENS (Micro Electro Mechanical System)의 제작 기술의 발전도 필요하다. 빠르게 증가하는 멀티미디어 기능을 만족하기 위해서는 수백만 게이트를 하나의 칩에 구현하는



(그림 3) CR 시스템에서 스마트 안테나 기술과 MIMO 기술의 적용



(그림 4) 단말에의 CR 시스템 적용

SoC 기술과 MENS를 통한 송수 전환기 (Duplexer), 스위치, 안테나, RF Front-end 모듈 등의 제작은 전체 단말의 크기 및 비용을 절감하고, RF 간섭을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

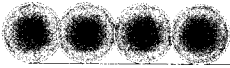
그리고 단말의 기능과 서비스가 다양화 될수록 전력의 사용량이 증가하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 저전력 설계기술이 필요하게 된다. 저전력 설계기술은 광대역 RF 디바이스의 집적화 및 저전압화, 하드웨어의 집적화 및 저전압화, 멀티미디어 통신 프로토콜 및 시스템 소프트웨어의 저전력화 기술 등이 필요하다. 저전력화 뿐만 아니라 이동통신 단말의 휴대 편리성을 제고하기 위한 배터리의 소형, 경량화 및 고 용량화가 필요하다.

앞에서 설명한 단말의 기술요소를 통해 기본 단말에 CR 시스템의 적용 및 구현이 가능하게 되고, CR 시스템의 기능을 포함한 단말의 구조는 (그림 4)와 같이 전망할 수 있다. 단말 모델은 광대역 안테나, RFU, AD/DA 컨버터, 기저 대역 처리와 이를 제어하는 모뎀 제어 소프트웨어로 구성된다. 기본적으로 모든 구성 요소들은 소프트웨어적으로 재구성 및 제어가 가능하고, 서로 다른 무선 전송 시스템의 물리 계층 규격은 CR 시스템의 기능을 원활히 수행할 수 있도록 SDR 기반의 기술을 통해 수행된다.

V. 결 론

본 논문에서는 주파수 부족 문제의 해결책이 될 수 있는 CR 기술의 선행 기술과 CR 시스템의 단말 적용 및 구현의 관점에서 간략하게 알아보았다. CR 기술은 현재 표준화 진행 중에 있는 정형화가 되지 않은 기술이지만, 현재 무선 통신 서비스에서 사용자의 고속화 서비스 및 광대역 멀티미디어 서비스에 적합한 기술이다. 또한, 무선 통신 시스템이 발전함에 따라 겪게 되는 주파수 자원 부족 문제를 해결할 수 있고, 무선 통신 서비스 사용자에게 언제, 어디서든 최적화된 서비스를 제공할 수 있다. 주변 상황을 인지하여 주파수 효율을 극대화하고 사용자에게 최적의 서비스를 제공할 수 있는 CR 시스템을 빠른 시일 안에 서비스 할 수 있도록 세부 기술 뿐만 아니라 단말의 적용 및 구현에 대해서도 꾸준히

연구되어야 할 것으로 생각된다.



[1] J. Mitola III, "Cognitive radio for flexible mobile multimedia communications," *Mobile Multimedia Communications*, pp. 3-10, Nov. 1999.

[2] J. Mitola III, G. Q. Maguire "Cognitive radio: making software radios more personal," *IEEE Wireless Commun.*, vol. 6, pp. 13-18, Aug. 1999.

[3] C. Cordeiro, K. Challapali, D. Birru, and N. Shankar, "IEEE 802.22: the first worldwide wireless standard based on cognitive radios," *DySPAN 2005*, pp. 328-337, Nov. 2005.

[4] Facilitating Opportunities for Flexible, Efficient, and Reliable Spectrum Use Employing Cognitive Radio Technologies," *FCC Report and Order, FCC-05057A1*, 2005 Mar. 11.

[5] I. F. Akyildiz et al., "Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: a survey," *Computer Networks*, vol. 50, pp. 2127-2159, Sept. 2006.

[6] D. Cabric, S. M. Mishra, and R. W. Brodersen, "Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radio," in *Proc. 38th Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers 2004*, vol. 1, pp. 772-776, Nov. 2004.

[7] D. Cabric, R. W. Brodersen, "Physical layer design issues unique to cognitive radio systems," *PIMRC 2005*, vol. 2, pp. 759-763, Sept. 2005.

[8] J. Laskar, R. Mukhopadhyay, Y. Hur, C. H. Lee, and K. Lim, "Reconfigurable RFICs and modules for cognitive radio," *Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems 2006*, pp. 4, Jan. 2006.

[9] H. Harada, "Software defined radio prototype toward cognitive radio communication systems," *DySPAN 2005*, pp. 539-547, Nov. 2005.

[10] S. Haykin, "Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol.23, no. 2, pp. 201-219, Feb. 2005.

[11] REPORT ITU-R, M.2063, "Software defined radio in IMT-2000, the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000".

[12] A. Alexiou, M. Haardt, "Smart antenna technologies for future wireless system: trends and challenges," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 42, pp. 90-97, Sept. 2004.

[13] S. Sfar, L. Dai, and K. B. Letaief, "Optimal diversity-multiplexing tradeoff with group detection for MIMO systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 53, pp. 1178-1190, July 2005.

약 력



김진영

1998년 서울대학교 전자공학과 박사
 1999년 ~ 2000년 미국 Princeton University, Research Associate
 2000년 ~ 2001년 SK 텔레콤 중앙연구원 책임연구원
 2001년 ~ 현재 광운대학교 전자공학과 교수
 관심분야: 디지털 통신, 차세대이동통신, 채널 부호화



백명기

2007년 광운대학교 전자공학과 학사
 2007년 ~ 현재 광운대학교 전자공학과 석사
 관심분야: 디지털 통신, Cognitive Radio



양재수

1993년 미 NJIT 전기 및 컴퓨터공학학 박사
 1991년 서울대 MBA 수료
 1981년 ~ 1981년 MIC 통신사무관
 1982년 ~ 2006년 KT 인터넷시설부장, 인터넷사업국장, 전화상품팀장, 월드컵통신팀장, 중앙지사장
 2006년 ~ 현재 광운대학교 교수
 2007년 ~ 현재 경기도 정보보호좌관
 관심분야: 디지털통신, RFID/USN, 차세대이동통신 등